

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号
特開2002-167619
(P2002-167619A)

(43) 公開日 平成14年6月11日 (2002.6.11)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テームコード* (参考)
C 2 1 D 8/06		C 2 1 D 8/06	B 4 E 0 0 2
B 2 1 B 1/16		B 2 1 B 1/16	B 4 K 0 3 2
3/02		3/02	
C 2 2 C 38/00	3 0 2	C 2 2 C 38/00	3 0 2 Z

審査請求 未請求 請求項の数6 O L (全 5 頁)

(21) 出願番号 特願2000-360593 (P2000-360593)

(22) 出願日 平成12年11月28日 (2000.11.28)

(71) 出願人 000003713

大同特殊鋼株式会社

愛知県名古屋市中区錦一丁目11番18号

(72) 発明者 今井 亮

愛知県東海市加木屋町南鹿持1-6スター

ハイツ大池南S-202

(74) 代理人 100093779

弁理士 服部 雅紀

Fターム(参考) 4E002 AC14 BC07 BD03 BD08 CB01

4K032 AA04 AA13 AA16 AA20 AA23

AA27 AA29 AA31 BA02 CA02

CA03 CC03 CC04 CG01

(54) 【発明の名称】 フェライト系ステンレス鋼線およびその製造方法

(57) 【要約】

【課題】フェライト系ステンレス鋼線のコイル材から引抜き加工、矯正加工を含む工程によってみがき棒鋼を製造する際に、引抜き加工工程、矯正加工工程で割れや折損を生じることがない、優れた冷間塑性加工性を有するフェライト系ステンレス鋼線とその経済的な製造方法を提供する。

【解決手段】フェライト系ステンレス鋼線の熱間圧延において、熱間圧延速度を調整することによって、熱間圧延終止温度を800～930℃とし、熱間圧延終了後の前記フェライト系ステンレス鋼線の結晶粒度を結晶粒度番号6以上の細粒とする。

【特許請求の範囲】

【請求項1】 フェライト系ステンレス鋼線の熱間圧延において、熱間圧延終止温度を800～930℃とすることを特徴とする冷間塑性加工性に優れたフェライト系ステンレス鋼線の製造方法。

【請求項2】 フェライト系ステンレス鋼線の熱間圧延において、熱間圧延速度を調整することによって、熱間圧延終止温度を800～930℃とすることを特徴とする冷間塑性加工性に優れたフェライト系ステンレス鋼線の製造方法。

【請求項3】 フェライト系ステンレス鋼線の熱間圧延において、熱間圧延速度を調整することによって、熱間圧延終止温度を800～930℃とし、熱間圧延終了後の前記フェライト系ステンレス鋼線の結晶粒度を結晶粒度番号6以上とすることを特徴とする冷間塑性加工性に優れたフェライト系ステンレス鋼線の製造方法。

【請求項4】 熱間圧延加工終了後の結晶粒度が、結晶粒度番号6以上であることを特徴とする冷間塑性加工性に優れたフェライト系ステンレス鋼線。

【請求項5】 フェライト系ステンレス鋼線の熱間圧延において、熱間圧延速度を調整することによって、熱間圧延加工終了後の結晶粒度を結晶粒度番号6以上とすることを特徴とする冷間塑性加工性に優れたフェライト系ステンレス鋼線。

【請求項6】 フェライト系ステンレス鋼線の熱間圧延において、熱間圧延速度を調整することによって、熱間圧延終止温度を800～930℃とし、熱間圧延終了後の前記フェライト系ステンレス鋼線の結晶粒度を結晶粒度番号6以上とすることを特徴とする冷間塑性加工性に優れたフェライト系ステンレス鋼線。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、冷間引抜き、曲り矯正などの冷間塑性加工時に割れ、折損などの生じることがない優れた冷間塑性加工性を有するフェライト系ステンレスみがき棒鋼に関する。

【0002】

【従来の技術】近年、OA機器、パソコン周辺機器類、その他各種制御機器部品としてステンレス鋼の機械加工部品が多く使用されている。これらの多くは、ステンレスみがき棒鋼から自動旋盤等の自動切削加工機によって加工される。

【0003】一般にみがき棒鋼は、熱間圧延後必要に応じて焼なまし、焼ならしなどの熱処理をほどこした熱間圧延棒鋼を矯正して直線状とし、所定の長さ切断したのち、旋削、ピーリングなどの切削加工によって棒鋼の表面を平滑化するとともに外径を所定の寸法に仕上げ製造される。

【0004】また、熱間圧延棒鋼を引抜き加工することによって外径寸法と表面肌を調整し、その後、多ロール

矯正機などの矯正装置によって直線状に矯正仕上げしてみがき棒鋼を製造することが行われている。さらに、熱間圧延後コイル状に巻き取って長尺なコイル状線材とし、該線材に対して連続的に引抜き加工を加えて所定の外径寸法とするとともにほぼ直線状とし、引抜き材先端から順次所定長さの棒鋼を切り出し、続いて該棒鋼を多ロール矯正機などの矯正装置によって直線状に仕上げることによってみがき棒鋼とすることが行われている。

【0005】引抜き加工を含むみがき棒鋼の製造方法は、切削加工による方法に比べて材料歩留が良好であり、特に、コイル材から連続的に引抜き加工を行う方法は、極めて経済的な製造方法であるが、他方、この方法は、引抜き加工を含むため鋼の塑性加工性が問題となる。フェライト系ステンレス鋼のコイル材から引抜き加工-矯正の工程によってみがき棒鋼を製造する場合、前記工程中においてしばしば割れ、折損を生じることがあり製造上の問題となっている。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】本発明は、フェライト系ステンレス鋼線のコイル材から引抜き加工、矯正加工を含む工程によってみがき棒鋼を製造する際に、引抜き加工工程、矯正加工工程で割れや折損を生じることがない、優れた冷間塑性加工性を有するフェライト系ステンレス鋼線とその経済的な製造方法を提供することを目的とする。

【0007】

【課題を解決するための手段】上記課題を解決するために行った調査研究の結果、引抜き加工および矯正加工を含むフェライト系ステンレス鋼のみがき棒鋼製造工程における前記棒鋼の割れや折損の発生に対して、素材であるフェライト系ステンレス鋼線の結晶粒度が著しい影響を与え、結晶粒度を微細化することによってフェライト系ステンレス鋼の冷間塑性加工性を向上し、みがき棒鋼製造工程における前記棒鋼の割れや折損の発生を防止し得るという知見を得た。また、フェライト系ステンレス鋼の熱間加工において、結晶粒度を微細化するには熱間加工の終止温度を930℃以下とすることが必要であることを見出した。

【0008】本発明は、上記の知見に基づいてなされたものである。すなわち、本発明の冷間塑性加工性に優れたフェライト系ステンレス鋼線の製造方法は、

(1) フェライト系ステンレス鋼線の熱間圧延において、熱間圧延終止温度を800～930℃とすることを特徴とする。

(2) フェライト系ステンレス鋼線の熱間圧延において、熱間圧延速度を調整することによって、熱間圧延終止温度を800～930℃とすることを特徴とする。

(3) フェライト系ステンレス鋼線の熱間圧延において、熱間圧延速度を調整することによって、熱間圧延終止温度を800～930℃とし、熱間圧延終了後の前記

フェライト系ステンレス鋼線の結晶粒度を結晶粒度番号6以上とすることを特徴とする。また、本発明の冷間塑性加工性に優れたフェライト系ステンレス鋼線は、

(4) 熱間圧延加工終了後の結晶粒度が、結晶粒度番号6以上であることを特徴とする。

(5) フェライト系ステンレス鋼線の熱間圧延において、熱間圧延速度を調整することによって、熱間圧延加工終了後の結晶粒度を結晶粒度番号6以上とすることを特徴とする。

(6) フェライト系ステンレス鋼線の熱間圧延において、熱間圧延速度を調整することによって、熱間圧延終了温度を800～930℃とし、熱間圧延終了後の前記フェライト系ステンレス鋼線の結晶粒度を結晶粒度番号6以上とすることを特徴とする。

【0009】

【発明の実施の形態】本発明の冷間塑性加工性に優れたフェライト系ステンレス鋼線は、例えばJIS SUS 410あるいはSUS 430のように、Cr含有率が高く、固相状態では少なくとも95%以上のフェライト相からなるステンレス鋼とし、必要に応じて各種の合金元素を含有することができる。

【0010】本発明の冷間塑性加工性に優れたフェライト系ステンレス鋼線は、通常のフェライト系ステンレス鋼と同様に溶製した溶鋼を鑄造してインゴットとし、さらに熱間鍛造または熱間圧延によってビレットとする。なお、ビレットの製造にあたっては、前記溶鋼を連続鑄造してビレットとすることもできる。

【0011】前記ビレットを熱間圧延加熱温度に加熱し、熱間圧延機によって熱間圧延加工して所要の外径寸法の圧延材とし、次いで巻取り装置を用いて前記圧延材をコイル状に巻き取ってコイル状の鋼線とする。長尺の圧延材を製造する場合は、例えば、多数のロール対を備えるタンデム式連続圧延機を用いて圧延することが好ましい。

【0012】本発明の冷間塑性加工性に優れたフェライト系ステンレス鋼線の製造法は、前記熱間圧延加工を終了した直後の圧延材の温度（熱間圧延終了温度という）を800～930℃とすることを特徴とする。熱間圧延終了温度が低すぎれば、鋼の変形抵抗が大きく、また、変形能が小さいため、圧延加工に際して圧延が困難となったり、圧延材に割れ、きずが発生するなどの不具合を生じる。それゆえ、熱間圧延終了温度の下限は800℃とする。また、熱間圧延終了温度が高すぎると、圧延材の結晶粒が粗大となり、後工程として行うみがき棒鋼製造工程において製品中に割れ、折損などの不具合を生じる原因となる。それゆえ、熱間圧延終了温度の上限は930℃とする。

【0013】前記熱間圧延終了温度を調整するには、例えば、ビレットの加熱温度を調整する、熱間圧延加工の途中で被加工材を強制的に加熱または冷却するなどいずれの方法をも選ぶことができるが、熱間圧延における圧延速度を調整することによって熱間圧延終了温度を調整するのが好ましい。

【0014】熱間圧延加工中において、被加工材は、自然放熱、圧延機用ロールとの接触などによる失熱のため冷却される一方、圧延加工による加工発熱によって昇温する。圧延速度を増加すると加工時間が短縮するので、加工量が同一で加工発熱が同一でも、失熱量が減少し、圧延終了温度は上昇する。圧延速度を減少すると加工時間が延長し、圧延終了温度は低下する。熱間圧延における圧延速度を調整する方法によれば、強制的な加熱冷却のための特別な設備を必要とせず、極めて経済的に圧延終了温度を調整することができる。

【0015】以上のように熱間圧延された圧延材は、巻取り機によってコイル状に巻取り、その後、必要に応じて焼なまし処理、潤滑剤塗布を含む予備処理を施してみがき棒鋼製造工程に供される。みがき棒鋼は、冷間引抜きおよび多ロール矯正機などによる曲げ矯正を含むみがき棒鋼製造法によって製造される。

【0016】結晶粒度が結晶粒度番号6未満の粗大結晶組織を有するフェライト系ステンレス鋼線では、前記みがき棒鋼製造工程における冷間引抜き加工、または矯正加工において、割れ、折損などの不具合を生じる。それゆえ、本発明の冷間塑性加工性に優れたフェライト系ステンレス鋼線は、熱間圧延加工終了後の結晶粒度が結晶粒度番号6以上の微細結晶組織を有するものとする。ここに結晶粒度番号は、ASTM E112に準じて測定したものとする。

【0017】本発明が対象とするフェライト系ステンレス鋼は固相ではば1相であるため、熱間加工条件によって結晶粒度が決まってしまう、爾後の熱処理によって結晶粒を微細化することができない。本発明によれば、熱間圧延加工終了後の結晶粒度が結晶粒度番号6以上の微細結晶組織を有する圧延材が得られ、爾後の冷間引抜き加工-矯正を含むみがき棒鋼の製造工程において、割れ、折損などの不具合を生じることがなく、冷間塑性加工性に優れたフェライト系ステンレス鋼線を得ることができる。

【0018】アーク炉溶解によって表1に示す組成を有するフェライト系ステンレス鋼を溶製し、4.6トンのインゴットとした。該インゴットを熱間圧延によって153mm角×長さ5～10mのビレットとした。

【表1】

鋼	化学成分 (質量%)							
	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	その他
鋼1	0.005	0.03	0.30	0.01	0.01	0.25	17.2	Mo:1.0
鋼2	0.006	0.30	0.53	0.02	0.01	0.15	12.5	
鋼3	0.003	0.53	0.85	0.02	0.02	0.20	12.2	Mo:1.6
鋼4	0.010	0.35	0.55	0.01	0.01	0.16	16.8	
鋼5	0.008	0.36	0.46	0.01	0.02	0.28	20.5	

【0019】前記ピレットを1200～1300℃に加熱し、8基の2ロール圧延機からなる粗延機列、6基の2ロール圧延機からなる中間圧延機列、4基の2ロール圧延機と2基の4ロール圧延機とからなる仕上圧延機列を備える線材連続圧延装置によって熱間圧延して直径17mm丸または20mm丸の線材とし、ボーリングロール式巻取り装置を用いて巻き取って重量約950kg、*

*外径約1.5mの線材コイルとした。各圧延機列の入側および出側において測定した圧延材の寸法、温度、圧延速度等の値を表2に示す。前記線材コイルから採取した線材試験片の軸を含む縦断面中央部について、ASTM E112に定める比較法によって結晶粒度を測定した。その結果を結晶粒度番号として表2に示す。

【表2】

区分	鋼	中間圧延機列				仕上圧延機列				結晶粒度 番 号
		入側 温度 (℃)	出側		温度 (℃)	出側				
			寸法 (mm φ)	圧延速度 (m/sec)		寸法 (mm φ)	圧延速度 (m/sec)	温度 (℃)		
実施例 1	鋼 1	870	36	2.7	940	17	12.0	880	6.1	
実施例 2	鋼 2	900	36	3.7	950	20	12.0	880	6.3	
実施例 3	鋼 3	880	36	2.7	960	17	12.0	900	6.1	
実施例 4	鋼 4	910	36	3.7	970	20	12.0	900	6.2	
実施例 5	鋼 5	900	36	2.7	980	17	12.0	920	6.5	
実施例 6	鋼 5	860	36	2.9	960	17	13.0	920	6.3	
実施例 7	鋼 5	940	36	2.5	1000	17	11.8	920	6.6	
比較例 1	鋼 1	970	36	2.7	1030	17	12.0	950	4.1	
比較例 2	鋼 2	960	36	3.7	1020	20	12.0	950	4.5	
比較例 3	鋼 3	990	36	2.7	1050	17	12.0	970	3.3	
比較例 4	鋼 4	980	36	2.7	1070	20	12.0	970	3.1	
比較例 5	鋼 5	1020	36	2.5	1080	17	11.8	1000	3.0	

【0020】前記線材コイルに温度750℃で時間加熱後放冷の焼なましを施した後、酸洗によってスケール除去し、潤滑皮膜処理を施した。連続引抜き機構、切断機構および1対の矯正ロールからなるロール式線材矯正機構とを備える連続式引抜き矯正機（コンバインド・マ※

30※シン）を用いて前記潤滑皮膜処理を施した線材コイルを矯正カットし、表3に示す直径で長さ4～5mを有するみがき棒鋼とした。

【表3】

区分	冷間引抜き減面率 (%)	直径 (mm)	矯正結果
実施例1	11.4	16	正常
実施例2	9.8	19	正常
実施例3	11.4	16	正常
実施例4	9.8	19	正常
実施例5	11.4	16	正常
実施例6	11.4	16	正常
実施例7	11.4	16	正常
比較例1	11.4	16	矯正時折れ
比較例2	9.8	19	矯正時折れ
比較例3	11.4	16	矯正時折れ
比較例4	9.8	19	矯正時折れ
比較例5	11.4	16	矯正時折れ

【0021】表3から判るように、実施例1～7では、コンバインド・マシンによる矯正カット後、得られたみ

がき棒鋼にはきず、割れなどの有害な欠陥は認められず、また前記みがき棒鋼の曲りも1mm/m以下と十分

に小さく、正常な矯正が行われた。表2から判るように、実施例1～7は、中間圧延機列入側温度の高低に応じて、中間圧延機および仕上圧延機による圧延速度を適宜調整することにより、仕上圧延機列の出側温度（熱間圧延終止温度）を800～930℃の温度範囲内としたものである。

【0022】実施例5に比べて中間圧延機列入側温度が低めである実施例6では中間圧延および仕上圧延の圧延速度を高めとし、また、実施例5に比べて中間圧延機列入側温度が高めである実施例7では中間圧延および仕上圧延の圧延速度を低めとすることによって仕上圧延機列の出側温度（熱間圧延終止温度）を調整した。実施例1～7では、熱間圧延終了後の結晶粒度が、いずれも結晶

粒度番号6以上の細粒となっている。
【0023】比較例1～5は、中間圧延機列入側温度と中間圧延および仕上圧延の圧延速度との調整が適切でないために仕上圧延機列出側温度（熱間圧延終止温度）が930℃を超え、結晶粒度番号6未満の粗大結晶組織となっている。表3から判るように、比較例1～5は冷間引抜き工程において割れを生じたり、矯正工程において

10

20

折損を生じ、正常な矯正を行うことができなかった。

【0024】以上のように、本発明によれば、引抜き加工工程、矯正加工工程で割れや折損を生じることのない、優れた冷間塑性加工性を有するフェライト系ステンレス鋼線が得られる。また、本発明によれば中間圧延および仕上圧延における圧延速度を調整することによって仕上圧延機列出側温度（熱間圧延終止温度）を調整するので、熱間圧延終止温度を調整するための装置、例えば圧延材の強制冷却装置等を必要としない。本発明の冷間塑性加工性に優れたフェライト系ステンレス鋼線の製造方法は、経済的な方法であるといえる。

【0025】

【発明の効果】以上に説明したように、本発明によれば、フェライト系ステンレス鋼線のコイル材から引抜き加工、矯正加工を含む工程によってみがき棒鋼を製造する際に、引抜き加工工程、矯正加工工程で割れや折損を生じることがない、優れた冷間塑性加工性を有するフェライト系ステンレス鋼線とその経済的な製造方法を提供することができる。

D1:2002-167619

Title of the invention

FERRITE TYPE STAINLESS STEEL WIRE AND ITS MANUFACTURING METHOD

[Abstract]

[Purpose] To provide a ferrite type stainless steel wire having excellent cold plastic workability so as not to be broken or cracked in drawing process and straightening process steps at the time of manufacturing a polished steel bar from a coil material of the ferrite type stainless steel wire in process involving the drawing process and straightening process steps and an economical manufacturing method of the steel wire.

[Constitution] In hot rolling of the ferrite type stainless steel wire, the hot rolling speed is adjusted to control the hot rolling finishing temperature at 800 to 930°C and the crystal grain size of the ferrite type stainless steel wire to be as fine as 6 or higher number of the crystal grain size degree on completion of the hot rolling.

What is claimed is:

- 1. A manufacturing method of a ferrite type stainless steel wire excellent in cold plastic workability by controlling the hot rolling finishing temperature at 800 to 930°C in hot rolling of the ferrite type stainless steel wire.**
- 2. A manufacturing method of a ferrite type stainless steel wire excellent in cold plastic workability by controlling the hot rolling finishing temperature at 800 to 930°C by adjusting the hot rolling speed in hot rolling of the ferrite type stainless steel wire.**
- 3. A manufacturing method of a ferrite type stainless steel wire excellent in cold plastic workability by controlling the hot rolling finishing temperature at 800 to 930°C and the crystal grain size of the ferrite type stainless steel wire to be as fine as 6 or higher number of the crystal grain size degree on completion of the hot rolling by adjusting the hot rolling speed in hot rolling of the ferrite type stainless steel wire.**

4. A ferrite type stainless steel wire excellent in cold plastic workability, wherein stainless steel wire has the crystal grain size as fine as 6 or higher number of the crystal grain size degree on completion of the hot rolling.

5. A ferrite type stainless steel wire excellent in cold plastic workability, wherein the crystal grain size on completion of the hot rolling is controlled to be as fine as 6 or higher number of the crystal grain size degree by adjusting the hot rolling speed in hot rolling of the ferrite type stainless steel wire.

6. A ferrite type stainless steel wire excellent in cold plastic workability, wherein the hot rolling finishing temperature is controlled at 800 to 930°C and the crystal grain size on completion of the hot rolling is controlled to be as fine as 6 or higher number of the crystal grain size degree by adjusting the hot rolling speed in hot rolling of the ferrite type stainless steel wire.

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Technical Field of the Invention] The invention relates to a polished ferrite type stainless steel bar having excellent cold plastic workability so as not to be cracked or broken at the time of cold-plastic processing such as cold drawing or bend straightening and the like.

[0002]

[Background art] Recently, many machine processed parts of stainless steels have been used for OA apparatus, peripheral appliances of personal computers, and various kinds of other control apparatus parts. Many of them are produced from polished stainless steel bars by machining by automatic cutting machines such as an automatic lathe.

[0003] Generally, a polished steel bar is manufactured by straightening a hot-rolled steel bar, which is subjected to thermal treatment such as annealing, normalizing or the like based on the necessity after hot rolling, to be linear; cutting the straightened steel bar into a prescribed length, surface-smoothing the steel bar by cutting such as lathing or peeling

and at the same time finishing into a bar with a prescribed outer diameter.

[0004] Further, a polished steel bar is manufactured by adjusting the outer diameter size and the surface skin by drawing the hot-rolled steel bar and successively linearly straightening and finishing the steel bar by a multi-roll straightening apparatus. Also, a polished steel bar is manufactured by winding a steel bar in a coil-like form for obtaining a long coil-like wire after hot rolling; continuously drawing the wire for adjusting the outer diameter to be a prescribed size and as the same time making the wire straight; successively cutting the tip end of the drawn material into steel bars with a prescribed length; and finishing each steel to be straight by a straightening apparatus such as a multi-roll straightening apparatus.

[0005] A manufacturing method of the polished steel bar including the drawing process has a high material yield as compared with that of a method by cutting process and especially, the method involving continuous processing of drawing of a coil material is a significantly economical manufacturing method, however in this method, the plastic workability of a steel is a very important issue since the method involves drawing process. In the case of manufacturing a polished steel bar from a coil material of the ferrite type stainless steel by steps of drawing process-straightening, in the steps, the coil material is often cracked and broken to result in a serious problem in manufacturing.

[0006]

[Problem to be Solved by the Invention] The invention provides a ferrite type stainless steel wire having excellent cold plastic workability so as not to be broken or cracked in drawing process and straightening process steps at the time of manufacturing a polished steel bar from a coil material of the ferrite type stainless steel wire in process involving the drawing process and straightening process steps and provides an economical manufacturing method of the steel wire.

[0007]

[Means for solving the problem] From the results of investigations and studies carried

out for solving the above-mentioned problem, inventors have found that in the manufacturing process of a polished steel bar of a ferrite type stainless steel involving the drawing process and straightening process steps, the crystal grain size of a ferrite type stainless steel wire, which is an object raw material, considerably affects on the occurrence of the cracks or breaks of a polished steel bar and that the cold plastic workability of the ferrite type stainless steel can be improved by making the crystal grain size fine and thus occurrence of cracks and breaks of the steel bar can be prevented in the manufacturing process of the polished steel bar. Inventors have also found that it is required to control the finishing temperature of the hot-processing to be 930°C or lower for making the crystal grain size fine.

[0008] The invention has been accomplished based on the above-mentioned findings.

That is, manufacturing methods of a ferrite type stainless steel wire excellent in the cold plastic workability of the invention are characterized in that

- (1) the hot rolling finishing temperature is controlled to be 800 to 930°C in hot rolling of the ferrite type stainless steel wire:
- (2) the hot rolling finishing temperature is controlled to be 800 to 930°C by adjusting the hot rolling speed in hot rolling of the ferrite type stainless steel wire: and
- (3) the hot rolling finishing temperature is controlled to be 800 to 930°C and the crystal grain size of the ferrite type stainless steel wire is controlled to be as fine as 6 or higher number of the crystal grain size degree on completion of the hot rolling by adjusting the hot rolling speed in hot rolling of the ferrite type stainless steel wire. Further, ferrite type stainless steel wires excellent in the cold plastic workability of the invention are characterized in that
- (4) the crystal grain size is as fine as 6 or higher number of the crystal grain size degree on completion of the hot rolling:
- (5) the crystal grain size on completion of the hot rolling is controlled to be as fine as 6 or higher number of the crystal grain size degree by adjusting the hot rolling speed in hot

rolling of the ferrite type stainless steel wire: and

(6) the hot rolling finishing temperature is controlled at 800 to 930°C and the crystal grain size on completion of the hot rolling is controlled to be as fine as 6 or higher number of the crystal grain size degree by adjusting the hot rolling speed in hot rolling of the ferrite type stainless steel wire.

[0009]

[Embodiments of the Invention] A ferrite type stainless steel wire excellent in cold plastic workability of the invention is a stainless steel having a high Cr content and comprising 95% or more ferrite in solid-phase state just like JIS SUS 410 or SUS 430 and may contain various kinds of alloying elements based on the necessity.

[0010] The ferrite type stainless steel wire excellent in cold plastic workability of the invention may be made to be an ingot by casting molten steel melted similarly to a common ferrite type stainless steel and further processed to be a billet by hot-forming or hot rolling the ingot. In the billet manufacture, the molten steel may be continuously cast to be a billet.

[0011] The above-mentioned billet is heated to a heating temperature for the hot rolling and made to be a rolled material with a prescribed outer diameter by hot rolling by a hot rolling apparatus and then the rolled material is wound just like a coil to be a coil-state steel wire by employing a winding apparatus. In the case of manufacturing a long rolled material, rolling is preferable to be carried out using a tandem type continuous rolling apparatus comprising a large number of roll pairs.

[0012] The manufacturing method of the ferrite type stainless steel wire excellent in cold plastic workability of the invention is characterized in that the temperature of the rolled material immediately after completion of the hot rolling (so-called hot rolling finishing temperature) is controlled to be 800 to 930°C. If the hot rolling finishing temperature is so low, deformation resistance of the steel is high and deformability is low to results in difficulty of rolling in the case of rolling process or occurrence of cracks or scratches in the

rolled material. Therefore, the lower limit of the hot rolling finishing temperature is set to be 800°C. On the other hand, if the hot rolling finishing temperature is so high, the crystal grain size of the rolled material becomes coarse and in the polished steel bar manufacturing process to be carried out thereafter, it causes undesirable troubles such as cracking and breaking in a product. Therefore, the upper limit of the hot rolling finishing temperature is set to be 930°C.

[0013] To adjust the above-mentioned hot rolling finishing temperature, for example, the heating temperature of the billet is adjusted. Although a method of forcibly heating or cooling the object material to be processed in the middle of the hot rolling may be selected, the hot rolling finishing temperature is preferable to be adjusted by controlling the rolling speed in the hot rolling.

[0014] In the hot rolling, the object to be processed is cooled because of heat loss by spontaneous heat release or contact with rolls of a rolling apparatus and on the other hand, the object is heated by processing heat generation in the rolling. Since the processing time is shortened if the rolling speed is increased, the quantity of the heat loss is decreased and thus the rolling finishing temperature is increased even in the case the same conditions of the processing extent and the processing heat generation. If the rolling speed is decreased, the processing time is prolonged and thus the rolling finishing temperature is decreased. According to the method of controlling the rolling speed in the hot rolling, without requiring special facilities for forcible heating or cooling, the rolling finishing temperature can considerably economically be adjusted.

[0015] The rolled material obtained in the hot rolling as described is wound in coil-like state by a winding apparatus and thereafter, being subjected to preliminary treatment such as annealing and coating with a lubricant agent based on the necessity, the rolled material is supplied to the polished steel bar manufacturing process. The polished steel bar is manufactured by a polished steel bar manufacturing method involving cold drawing and bend straightening by a multi-roll straightening apparatus.

[0016] If the ferrite type stainless steel wire has a coarse crystal structure with a crystal grain size smaller than 6 crystal grain size number, adverse incidents such as cracking and breaking occur in the cold drawing process or straightening process in the polished steel bar manufacturing process. Therefore, the ferrite type stainless steel wire excellent in cold plastic workability of the invention is to have an ultra fine crystal structure with a crystal grain size of 6 crystal grain size number or higher on completion of the hot rolling. The crystal grain size number is measured according to ASTM E112.

[0017] Since the ferrite type stainless steel wire within the scope of the invention has a solid phase and I phase, the crystal grain size is determined by the hot processing conditions and the crystal grains can not be made fine by heating treatment thereafter. According to the invention, a rolled material having an ultra fine crystal structure with a crystal grain size of 6 crystal grain size number or higher on completion of the hot rolling and in the polished steel bar manufacturing method involving the cold drawing and straightening thereafter, no cracking or breaking incident takes place and the ferrite type stainless steel wire excellent in the cold plastic workability can be obtained.

[0018] Ferrite type stainless steels having the compositions shown in Table 1 were melted by arc furnace melting and formed in ingots of 4.6 t. Each ingot was hot-rolled to obtain a billet with a size of 153 μm square \times 5 to 10 μm length.

[Table 1]

steel	chemical component (% by weight)							
	Cr	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	others
steel 1	0.005	0.03	0.30	0.01	0.01	0.25	17.2	Mo:1.0
steel 2	0.006	0.30	0.53	0.02	0.01	0.15	12.5	
steel 3	0.003	0.53	0.65	0.02	0.02	0.20	12.2	Mo:1.6
steel 4	0.010	0.35	0.55	0.01	0.01	0.16	16.8	
steel 5	0.008	0.36	0.46	0.01	0.02	0.28	20.5	

[0019] Above-mentioned billets were heated to 1,200 to 1,300°C and hot-rolled by a continuous wire material rolling apparatus comprising a rough rolling mill row composed of 8 2-roller rolling mills, an intermediate rolling mill row composed of 6 2-roller rolling mills, and a finishing rolling mill row composed of 4 2-roller rolling mills and 2 4-roller rolling mills to obtain round wire materials with a diameter of 17 μm or 20 μm and the wire materials were wound by a balling reel type winding apparatus to obtain wire material coils each having a weight about 950 kg and an outer diameter about 1.5 m. The size, temperature, and rolling speed measured at the inlet sides and outlet sides of the respective rolling mill rows are shown in Table 2. Using a center part of a vertical cross section including an axis of each wire material specimen sampled from each wire material coil, the crystal grain size was measured according to the comparative method defined in ASTM Es112. The results are shown as crystal grain size number in Table 2.

[Table 2]

item		steel	intermediate rolling mill row				finishing rolling mill row				crystal grain size number
			inlet side	outlet side			outlet side				
				temperature (°C)	size (mmφ)	rolling speed (m/sec)	temperature (°C)	size (mmφ)	rolling speed (m/sec)	temperature (°C)	
example 1	steel 1	870	36	2.7	840	17	12.0	880	6.1		
example 2	steel 2	900	36	3.7	950	20	12.0	880	6.3		
example 3	steel 3	890	36	2.7	960	17	12.0	900	6.1		
example 4	steel 4	910	36	3.7	970	20	12.0	900	6.2		
example 5	steel 5	900	36	2.7	980	17	12.0	920	6.5		
example 6	steel 5	860	36	2.9	960	17	13.0	920	6.3		
example 7	steel 5	940	36	2.5	1000	17	11.3	920	6.6		
Comparative Example 1	steel 1	970	36	2.7	1030	17	12.0	950	4.1		
Comparative Example 2	steel 2	960	36	3.7	1020	20	12.0	950	4.5		
Comparative Example 3	steel 3	990	36	2.7	1050	17	12.0	970	3.3		
Comparative Example 4	steel 4	980	36	2.7	1070	20	12.0	970	3.1		
Comparative Example 5	steel 5	1020	36	2.5	1080	17	11.3	1000	3.0		

[0020] After the wire material coils were annealed by releasing heat after heating at 750°C, de-scaled by pickling, and subjected to lubricant agent coating treatment. The respective wire material coils subjected to the lubricant agent coating treatment were straightened and cut to obtain polished steel bars having a diameter shown in Table 3 and a length of 4 to 5 μm by employing a continuous type drawing and straightening apparatus (combined machine) comprising a continuous drawing apparatus, a cutting apparatus, and a roll type wire straightening apparatus comprising one straightening rolls.

[Table 3]

item	surface reduction ratio by cold drawing (%)	diameter (mm)	straightening result
Example 1	11.4	16	normal
Example 2	9.8	19	normal
Example 3	11.4	16	normal
Example 4	9.8	19	normal
Example 5	11.4	16	normal
Example 6	11.4	16	normal
Example 7	11.4	16	normal
Comparative Example 1	11.4	16	cracked at the time of straightening
Comparative Example 2	9.8	19	cracked at the time of straightening
Comparative Example 3	11.4	16	cracked at the time of straightening
Comparative Example 4	9.8	19	cracked at the time of straightening
Comparative Example 5	11.4	16	cracked at the time of straightening

[0021] As being made clear from Table 3, no harmful defect such as scratches or cracks was observed in the polished steel bars of Examples 1 to 7 obtained after straightening and cutting by the combined machine and the bending of the polished steel bars was as sufficiently slight as 1 mm/ μ m or less and normal straightening was carried out. Also as being made clear from Table 2, Examples 1 to 7 were carried out in a manner that the outlet side temperature in the finishing rolling mill row (hot rolling finishing temperature) was controlled to be in a temperature range of 800 to 930°C by properly adjusting the rolling speed by the intermediate rolling mill and the finishing rolling mill depending on the temperature of the inlet side temperature of the intermediate rolling mill row.

[0022] In Example 6 in which the inlet side temperature of the intermediate rolling mill row was slightly low as compared in Example 5, the rolling speeds of the intermediate rolling and finishing rolling were controlled to be slightly high and in Example 7 in which the inlet side temperature of the intermediate rolling mill row was slightly high as compared in Example 5, the rolling speeds of the intermediate rolling and finishing rolling were controlled to be slightly low so as to control the outlet side temperature (hot rolling finishing temperature) in the outlet side of the finishing rolling mill row. In all of Examples 1 to 7, the crystal grain size on completion of the hot rolling was found as fine as crystal grain size number 6 or higher.

[0023] With respect to Comparative Examples 1 to 5, since the adjustment of the rolling speeds of the intermediate rolling and hot rolling in relation to the inlet side temperature of the intermediate rolling mill row was not proper, the outlet side temperature (hot-rolling finishing temperature) of the finishing roll mill row exceeds 930°C to result in coarse grain structure with a crystal grain size number lower than 6. As being made clear from Table 3, cracks were caused in the cold drawing and breaking took place in the straightening step and thus normal straightening could not be carried out in Comparative Examples 1 to 5.

[0024] As described above, according to the invention, a ferrite type stainless steel wire

excellent in cold plastic workability so as not to be broken or cracked in drawing process and straightening process steps can be obtained. Further, according to the invention, since the outlet side temperature (hot-rolling finishing temperature) in the finishing roll mill row is controlled by adjusting the rolling speeds of the intermediate rolling and finishing rolling, it is no need to use an apparatus, e.g. a forcible cooling apparatus for a rolled material, for adjusting the hot-rolling finishing temperature. A manufacturing method of the ferrite type stainless steel wire excellent in the cold plastic workability of the invention is an economical method.

[0025]

[Effects of the invention] Accordingly, the invention provides a ferrite type stainless steel wire having excellent cold plastic workability so as not to be broken or cracked in drawing process and straightening process steps at the time of manufacturing a polished steel bar from a coil material of the ferrite type stainless steel wire in process involving the drawing process and straightening process steps and an economical manufacturing method of the steel wire.